

**Морфо-функциональная оценка кровеносных капилляров
эндомизия передней большеберцовой мышцы в эксперименте
с дозированным удлинением голени**

Г.Н. Филимонова

***Morphofunctional assessment of circulatory capillaries of the tibial
anterior muscle endomysium in experimental graduated leg
lengthening***

G.N. Filimonova

Государственное учреждение науки

Российский научный центр "Восстановительная травматология и ортопедия" им. академика Г. А. Илизарова, г. Курган
(генеральный директор — заслуженный деятель науки РФ, член-корреспондент РАМН, д.м.н., профессор В.И. Шевцов)

В экспериментах на 8 взрослых беспородных собаках осуществляли удлинение голени с темпом 1 мм в сутки в двух сериях: I - автодистракция по 17 мкм, II - ручная подкрутка по 0,25 мм. В статье приведено морфологическое описание и сравнительная ультраструктурная стереометрия капилляров передней большеберцовой мышцы. Различия полученных характеристик могут свидетельствовать о дифференциальном характере биосинтетических и метаболических изменений эндотелия капилляров в различных условиях дистракции голени.

Ключевые слова: капилляр, эндотелий, ультраструктура, стереометрия.

Leg lengthening by 1 mm per day was performed experimentally using 8 adult mongrel dogs by two series: I - autodistraktion by 17 mcm, II - manual tightening by 0,25 mm. Morphological description is given in the work and comparative ultrastructural stereometry of the tibial anterior muscle capillaries as well. Differences of the characteristics obtained can affirm differential character of biosynthetic and metabolic changes of capillary endothelium in different conditions of leg distraction.

Keywords: capillary, endothelium, ultrastructure, stereometry.

Многочисленными исследованиями эндотелия макро- и микрососудов в регуляции гемостаза установлено его полифункциональное значение. Как главный компонент гисто-гематических барьеров эндотелий осуществляет обмен между кровью и тканями [7, 10], биосинтез разнообразных факторов, участвующих в регуляции фенотипа гладкомышечных клеток [5, 9], в процессах гемокоагуляции [12]. В различных адаптационных и патологических процессах морфологические и количественные изменения эндотелия отмечены многими исследователями [1, 4, 11]. В

исследованиях, проведенных в РНЦ "ВТО" им. академика Г.А. Илизарова, выявлены морфо-функциональные изменения в тканях при удлинении конечностей в эксперименте [2, 3]. Вместе с тем ультраструктурно-морфометрические исследования эндотелия капилляров мышц немногочисленны. В настоящей работе представлены результаты морфологического и ультраструктурно-стереометрического анализа капилляров эндомизия передней большеберцовой мышцы голени при дистракционном остеосинтезе в различных условиях.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

У 8 взрослых беспородных собак (экспериментатор к.м.н. С.А. Ерофеев) через 5 дней после закрытой флекссионной остеоклазии начинали удлинение голени по 1 мм в сутки с шагом 17 мкм в I серии (4 собаки) и 0,25 мм – во второй (4 собаки). Оперативные вмешательства и содержание животных осуществляли с соблюдением установленных правил [13]. Животных выводили из опыта передозировкой барбитуратов через

28 дней дистракции и месяц фиксации. Переднюю большеберцовую мышцу оперированной и контралатеральной конечностей иссекали в проекции костного регенерата и после альдегидно-осмиевой фиксации заключали в эпоксидные смолы. Поперечные ультратонкие срезы изучали в трансмиссионном микроскопе JEM-100B и фотографировали на пластинки при стандартном увеличении $\times 11800$. Изображения капилля-

ров совмещали с тестовой решеткой коротких отрезков и определяли: долю площади, занимаемую следами цистерн гранулярного эндоплазматического ретикулума и митохондрий в площади эндотелия; число пересечений линии

решетки с контурами межклеточных контактов эндотелиоцитов в тестовой площади следа эндотелия [4]. Достоверность различий определяли по W-критерию Вилкоксона для независимых выборок.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Исследованные капилляры соматического типа, эндотелий с непрерывной базальной мембраной [7]. Безъядерные отделы эндотелиоцитов истончены, бедны органеллами. В базальном слое капилляров локализованы 1-3 перицита с цитоплазматическими отростками (рис. 1). Встречаются резервные капилляры с закрытым просветом, немногочисленными микровезикулами и цистернами эндоплазматической сети в цитоплазме эндотелиоцитов (рис. 2, а). Люминальная поверхность эндотелиальных клеток образует цитоплазматические выросты, выпячи-

вания внутрь просвета, чаще в зоне межклеточных контактов (рис. 2, б). Микропиноцитозная система эндотелия капилляров выражена хорошо, диаметр везикул варьирует, что может зависеть как от транспортных свойств эндотелия, так и от уровня прохождения среза. Капилляры с высоким эндотелием, многочисленными цитоплазматическими выростами характерны для растущих сосудов [3] (рис. 3). Эндотелиоциты капилляров с профилями ядер бобовидной, эллипсоидной, лопастной формы в поле зрения попадают изредка (рис. 4).

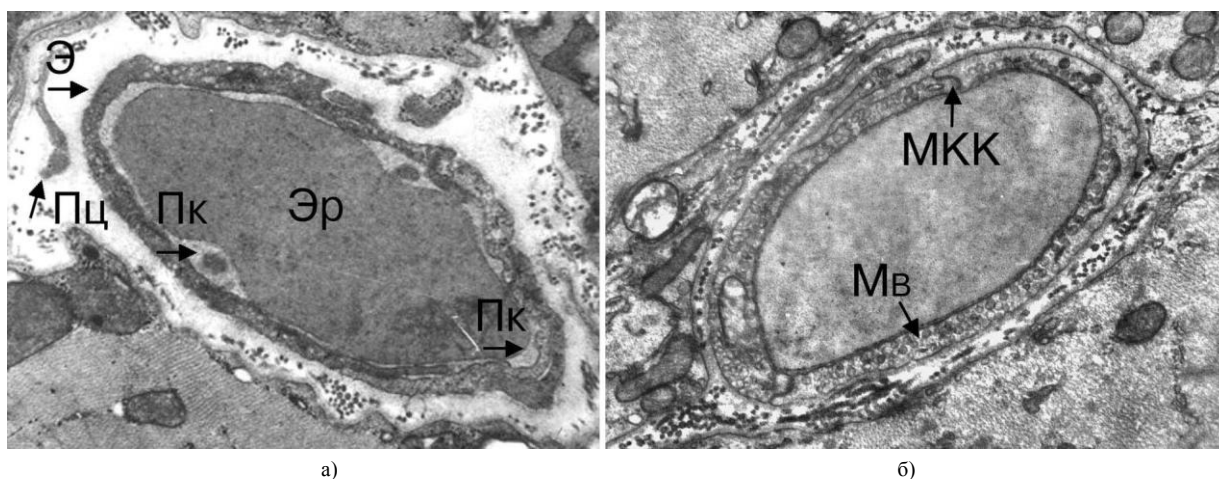


Рис. 1. Капилляры эндомизия передней большеберцовой мышцы через месяц дистракции: а) I серия; б) II серия эксперимента. Э - эндотелиоцит, Пк - просвет капилляра, Эр - эритроцит, Пц - перицит, МКК - межклеточный контакт, Мв - микропиноцитозные везикулы. Электронограммы, инструментальное увеличение $\times 1800$.

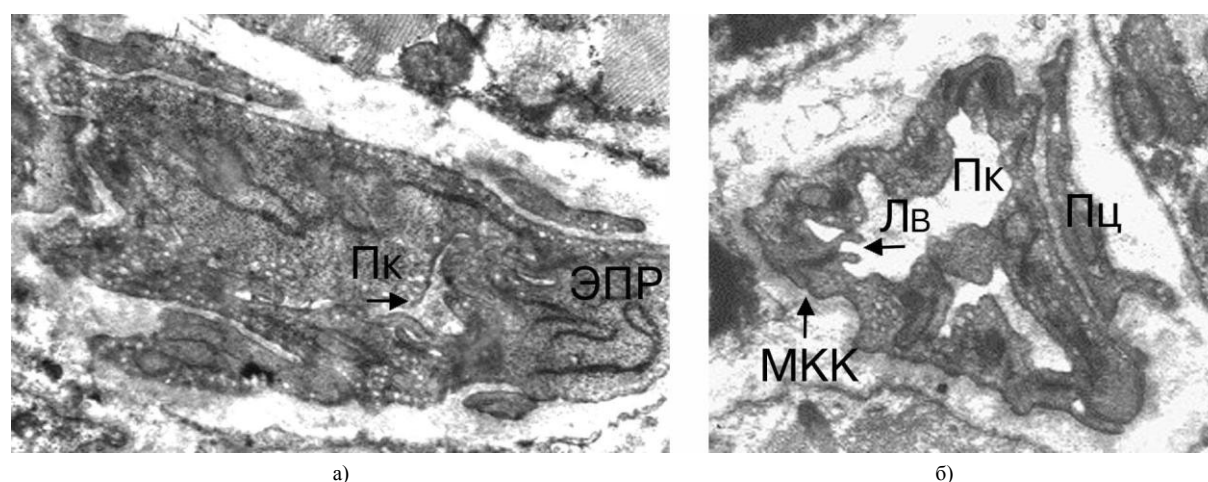


Рис. 2. Капилляры эндомизия во II серии эксперимента: а) резервный капилляр в конце дистракции; б) функционально активный капилляр через 30 дней фиксации. ЭПР - эндоплазматический ретикулум, МКК - межклеточный контакт, Лв - люминальные выросты, Пк - просвет капилляра, Пц - перицит. Электронограммы, инструментальное увеличение $\times 1800$.



Рис. 3. Растущий капилляр. Лв - люминальные выросты, Пк - просвет капилляра, Э - эндотелий, Пц - перицит. I серия эксперимента, 30 дней фиксации. Электронограмма, инструментальное увеличение x1800.

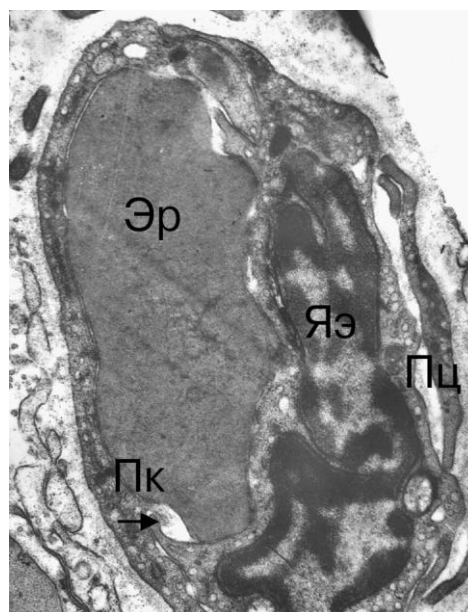


Рис. 4. Ядерная часть эндотелиоцита капилляра. Яэ - ядро эндотелиоцита, Пк - просвет капилляра, Эр - эритроцит, Пц - перицит. I серия эксперимента, 28 дней дистракции. Электронограмма, инструментальное увеличение x1800.

Гранулярная эндоплазматическая сеть представлена цистернами различной протяженности, чаще короткими, с тонковолокнистым содержимым средней электронной плотности. В конце дистракции доля площади, занимаемая следами цистерн гранулярной эндоплазматической сети в площади всего эндотелия, во II серии в 1,3 раза выше, чем в I-й ($P<0,01$). Через месяц фиксации значение данного параметра в I серии снижается в 1,4 раза (недостаточно), во II-й - возрастает в 1,7 раза ($P<0,01$), что в 3,3 раза больше ($P<0,01$), чем в I серии; разница между опытной и контралатеральной конечностями во все сроки незначительна.

Митохондрии округлые, реже овальные. Доля площади следов этих органелл в площади всего эндотелия через месяц удлинения во II серии больше в 2,6 раза ($P<0,001$), чем в I-й, через месяц фиксации значение этого параметра во II серии снижается в 2,0 раза ($P<0,01$) относительно предыдущего срока, в I-й - не изменяется.

Зоны межклеточных контактов разнообразной формы - от подковообразных стыков до зигзагоподобных сложных терминальных "засовов". Протяженность межклеточных контактов эндотелиоцитов через месяц дистракции в I се-

рии в 2,0 раза ($P<0,01$) и через 30 дней фиксации в 1,6 раза ниже (недостаточно), чем во II-й. Через 30 дней фиксации голени в аппарате значение данного параметра во II серии снижается в 1,8 раза ($P<0,001$) относительно предыдущего срока, в I серии изменения недостаточно. Протяженность межклеточных контактов опытной и контралатеральной конечностей различается незначительно в обеих экспериментальных сериях в исследуемые сроки.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о различных проявлениях адаптации сосудистого эндотелия к дозированному растяжению. Наибольшая протяженность межклеточных контактов в площади следа эндотелия при дистракции голени с шагом 0,25 мм в сутки может свидетельствовать о повышении адгезивных свойств эндотелиоцитов [7]. Значения объемной плотности белоксинтезирующего аппарата и митохондрий при 4-кратном режиме характеризуют высокую метаболическую активность и интенсификацию окислительно-восстановительных процессов эндотелиоцитов по сравнению с автодистракцией.

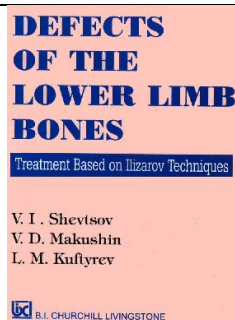
ЛИТЕРАТУРА

1. Роль эндотелия в локальных сосудистых реакциях скелетных мышц / Д.П. Дворецкий, А.Т. Матчанов, В.П. Недошивин и др. // Физиологический журнал. - 1994. - Т. 80, № 2. - С. 49-58.
2. Илизаров Г.А. Значение факторов напряжения растяжения в генезе тканей и формообразовательных процессах при чрескостном остеосинтезе // Чрескостный остеосинтез в ортопедии и травматологии: Сб. науч. тр. - Курган, 1984. - Вып. 9. - С. 4-41.
3. Кровеносные сосуды при разных режимах дистракции конечности / Г.А. Илизаров, А.Б. Кузнецова, В.С. Песчанский и др. // Архив АГЭ. - 1984. - №5. - С. 49-55.
4. Королев В.В., Ахматов В.И., Стефанов С.Б. Количественное сравнение ультраструктур кровеносных капилляров и мышечных волокон на стадиях облитерирующего эндартериита // Архив патологии. - 1980. - Т. 62, №7. - С. 58-63.

5. Сагач В.Ф., Ткаченко М.Н., Дмитриев А.В. О роли эндотелия в реакции реактивной гиперемии коронарных сосудов // Докл. АН СССР. - 1989. - №3. - С. 765-767.
6. Серов В.В., Шехтер А.Б. Соединительная ткань: функциональная морфология и общая патология. - М.: Медицина, 1981. - 312 с.
7. Чернух А.М. и др. Микроциркуляция / А.М. Чернух, П.Н. Александров, О.В. Алексеев. - М.: Медицина, 1984. - 432с.
8. Шахламов В.А. Капилляры. - М.: Медицина, 1971. - 200 с.
9. Busse R. Control of vascular tone by the endothelium // Haemostasis. - 1988. - Vol. 18, Suppl. 2. - P. 50.
10. Grant G.A., Abbott N.J., Janigro D. Understanding the physiology of the blood-brain barrier: In vitro models // News Physiol. Sci. - 1998. - Vol. 13. - P. 287-293.
11. Schiffrin E.L. Role of endothelin-1 in hypertension / Hypertension. - 1999. - No 4, Pt 2. - P. 876-881.
12. Thrombin enhances the release of endothelium from cultured porcine aortic endothelial cells / V.B. Schini, H. Hendrickson, D.M. Heublein et al. // Eur. J. Pharmacol. - 1989. - Vol. 165, No 2-3. - P. 333-334.
13. Санитарные правила по устройству, оборудованию и содержанию экспериментально-биологических клиник (вивариев). - М., 1973. - 23 с.

Рукопись поступила 04.04.02.

Предлагаем вашему вниманию



V.I. Shevtsov, V.D. Makushin, L.M. Kuftyrev

DEFECTS OF THE LOWER LIMB BONES Defect Management according to the Techniques developed at the Russian Ilizarov Center

New Delhi: B.I. Churchill Livingstone PVT LTD, 2000.
- P.544 - References 532. ISBN 81-7042-153-5

The book is devoted to the problem of treatment of patients with defects of the lower limb bones. It covers the modern transosseus osteosynthesis technology with the application of the Ilizarov apparatus.

Salient Features

- This is **the first book** to study in depth the problem of treatment of patients with defects of the lower limb bones **based on the multi-factor analysis**.
- **Rates and rhythms of transposition of bone fragments** are substantiated biomechanically, as well as ways of reducing soft tissues traumatization with wires and judicious reconstruction of bone segments.
- **Unique data about tactical and technical principles** of osteosynthesis, contained in the book, will allow a surgeon to come to optimal decisions in the process of treatment of patients with a complex of anatomic-and-functional changes, accompanying a disease.
- **A detailed analysis of possible processing mistakes**, leading to various complications of therapeutic process, measures of their prevention and treatment will be of particular importance to a physician.
- **A large number of diagrams and photographs** have been used to illustrate osteosynthesis techniques.
- The book is the outcome of **the authors' 30 years experience** in the treatment of patients, using the techniques of transosseous osteosynthesis with the Ilizarov apparatus.